

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09257814 A**

(43) Date of publication of application: **03.10.97**

(51) Int. Cl

G01N 37/00

G01B 11/30

G11B 9/00

(21) Application number: **08063446**

(71) Applicant: **SEIKO INSTR INC**

(22) Date of filing: **19.03.96**

(72) Inventor: **MURAMATSU HIROSHI
NAKAJIMA KUNIO**

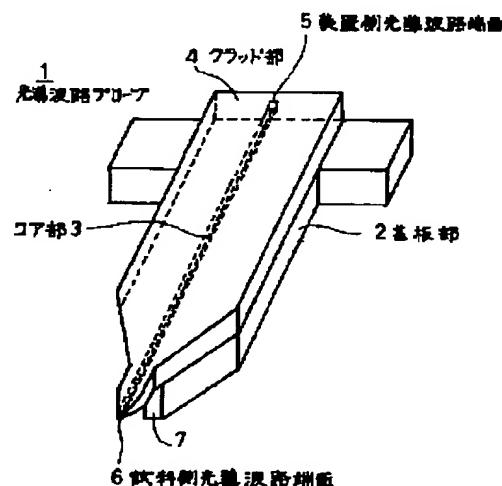
(54) OPTICAL WAVEGUIDE PROBE AND OPTICAL SYSTEM

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an optical wave guide probe having small loss or disorder of a light by forming an optical wave guide part into a plane shape on a board ant the end face into a sharp shape as an end.

SOLUTION: The optical waveguide probe 1 for emitting and detecting a light to a sample at a proximity distance comprises an optical waveguide part which includes a core part 3 having a board part 2, an apparatus side optical waveguide end face 5 and a sample side optical waveguide end face 6, and a clad part 4. The waveguide part is planely formed on the part 2, the end face 6 protrudes from a board end face 7 so as to dispose the part 2 perpendicularly to the sample, and the face 6 is formed as an end in a sharp shape. The part 2 is fixed at the part of the probe 1 to function as one type of cantilever, can be vibrated in a horizontal or vertical direction so that a piezoelectric element for electrically detecting the distortion in an elastic part can be constituted. Thus, the probe 1 having little loss or disorder of the light is obtained.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-257814

(43)公開日 平成9年(1997)10月3日

(51)Int.Cl.⁶
G 0 1 N 37/00

識別記号
G 0 1 B 11/30
G 1 1 B 9/00

府内整理番号
9075-5D

F I
G 0 1 N 37/00
G 0 1 B 11/30
G 1 1 B 9/00

技術表示箇所
E
G
Z

審査請求 有 請求項の数27 OL (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平8-63446

(22)出願日 平成8年(1996)3月19日

(71)出願人 000002325
セイコー電子工業株式会社
千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地

(72)発明者 村松 宏
千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セ
イコー電子工業株式会社内

(72)発明者 中島 邦雄
千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セ
イコー電子工業株式会社内

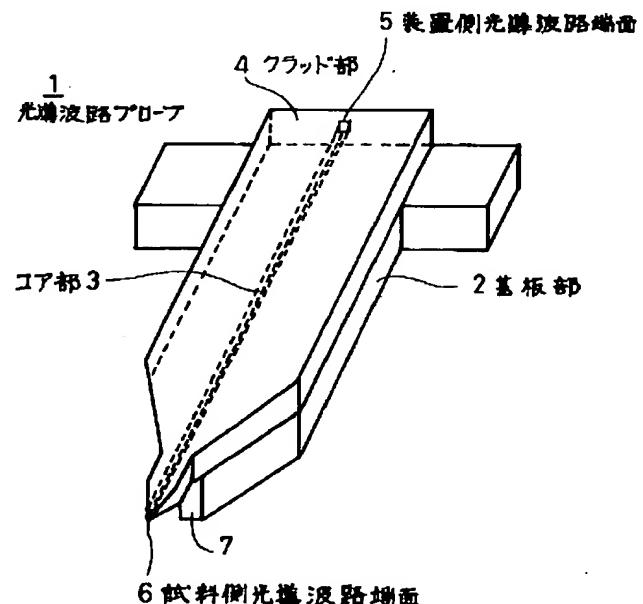
(74)代理人 弁理士 林 敬之助

(54)【発明の名称】光導波路プローブおよび光システム

(57)【要約】

【課題】光導波損失が少なく調整も簡単な光導波路プローブおよび光システムを実現する。

【解決手段】平面的に光導波路を形成し、光導波路の先端を尖鋭化し、圧電的な検出機構を設けた光導波路プローブを形成した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板部、および、装置側光導波路端面および試料側光導波路端面を有する光導波部から構成され、試料あるいは媒体に対して、近接した距離で光の照射あるいは検出を行うための光導波路プローブにおいて、上記光導波部が上記基板部上に実質的に平面的に形成され、上記基板部を上記試料あるいは媒体に対して垂直方向に配置されるべく、前記試料側光導波路端面が基板部端面に一致するか、あるいは、基板部端面から突出しているとともに、前記試料側光導波路端面の光導波路が端面部を先端として尖鋭な形に形成されていることを特徴とする光導波路プローブ。

【請求項2】 前記基板部が弾性的機能を有することを特徴とする請求項1記載の光導波路プローブ。

【請求項3】 前記弾性的機能によって、試料側光導波路端面が、試料面に対して、水平方向に振動可能であることを特徴とする請求項2記載の光導波路プローブ。

【請求項4】 前記弾性的機能によって、試料側光導波路端面が、試料面に対して、垂直方向に振動可能であることを特徴とする請求項2記載の光導波路プローブ。

【請求項5】 前記基板部に前記弾性的機能に関連したひずみを電気的に検出可能な圧電体を有することを特徴とする請求項2から4記載の光導波路プローブ。

【請求項6】 前記基板部および圧電体が水晶であることを特徴とする請求項5記載の光導波路プローブ。

【請求項7】 前記圧電体が酸化亜鉛であることを特徴とする請求項5記載の光導波路プローブ。

【請求項8】 前記圧電体がPZTであることを特徴とする請求項5記載の光導波路プローブ。

【請求項9】 前記基板部が半導体結晶であることを特徴とする請求項7から8記載の光導波路プローブ。

【請求項10】 前記基板部が誘電体結晶であることを特徴とする請求項7から8記載の光導波路プローブ。

【請求項11】 前記光導波部が、コア層およびクラッド層からなることを特徴とする請求項1から10記載の光導波路プローブ。

【請求項12】 前記クラッド層が、光反射層によって、覆われていることを特徴とする請求項11記載の光導波路プローブ。

【請求項13】 前記試料側光導波路端面が、実質的にコア部からなり、端面部周囲が光反射層によって、覆われていることを特徴とする請求項11記載の光導波路プローブ。

【請求項14】 前記試料側光導波路端面1つについて、前記装置側光導波路端面を2つ以上有することを特徴とする請求項11から13記載の光導波路プローブ。

【請求項15】 前記試料側光導波路端面を複数有することを特徴とする請求項11から13記載の光導波路プローブ。

【請求項16】 クラッド層およびコア層が酸化シリコ

ン、ガラス、イオンドープされた酸化シリコン、イオンドープされたガラス、あるいは、窒化シリコンで形成されることを特徴とする請求項1から9、11から15記載の光導波路プローブ。

【請求項17】 クラッド層およびコア層が半導体体結晶材料およびイオンドープされた半導体結晶材料で形成されることを特徴とする請求項1から15記載の光導波路プローブ。

【請求項18】 クラッド層およびコア層が高分子材料で形成されることを特徴とする請求項1から15記載の光導波路プローブ。

【請求項19】 クラッド層およびコア層が誘電体結晶材料およびイオンドープされた誘電体結晶材料で形成されることを特徴とする請求項1から15記載の光導波路プローブ。

【請求項20】 上記基板上に半導体発光素子を有することを特徴とする請求項1から5、7から9、および1から18記載の光導波路プローブ。

【請求項21】 上記基板上に半導体光検出素子を有することを特徴とする請求項1から5、7から9、および11から18記載の光導波路プローブ。

【請求項22】 上記基板上にグレーティング構造を有することを特徴とする請求項1から8、10から16、および19記載の光導波路プローブ。

【請求項23】 上記基板上に光変調素子を有することを特徴とする請求項1から8、10から16、および19記載の光導波路プローブ。

【請求項24】 少なくとも請求項2から20記載の光導波路プローブを有し、前記プローブの先端部と測定すべき試料あるいは媒体表面との間隔を、前記プローブの先端部と前記表面との間に原子間力あるいはその他の相互作用に関わる力が作用する動作距離以内に近づけた状態で、前記試料表面を走査することにより、前記表面の形状に沿って、前記プローブを制御し、前記表面の微小領域に対して、光照射あるいは光検出を行う際に、前記圧電体を共振周波数で前記表面に対して水平あるいは垂直方向に振動させるための励振手段と、前記プローブの先端と前記表面との間に前記原子間力が作用した結果生じる前記圧電体の共振特性の変化を前記圧電体の電気的特性変化として検出するための検出手段と、前記検出手段が outputする検出信号に基づいて前記プローブの先端部と前記表面の間隔を一定に保つための制御手段とを有することを特徴とする光システム。

【請求項25】 前記励振手段は前記圧電体を電気的に駆動する交流駆動信号を発生するための駆動回路であり、前記検出手段は前記原子間力が作用した結果生じる前記交流駆動信号の電流変化を前記電極から検出し、前記プローブの先端部と試料表面との間隔を一定に保つための検出信号を出力する請求項24記載の光システム。

【請求項26】 前記励振手段は前記圧電体を振動させ

るバイモルフであり、前記検出手段は前記バイモルフによって振動された結果生じる前記圧電体の電圧が、前記原子間力により変化することを前記電極から検出し、前記プローブの先端部と試料表面との間隔を一定に保つための検出信号を出力する請求項24記載の光システム。

【請求項27】前記検出手段は、前記励振手段の励振信号と前記圧電体の前記電極から検出される電気的信号との位相を比較することで、前記励振信号の周波数を前記圧電体の共振周波数に追従させる手段を備え、前記原子間力が作用した結果生じる共振周波数の変化を検出して検出信号を出力するとともに、前記制御手段は、前記圧電体の共振周波数を一定に保つよう制御することで前記プローブの先端と前記試料表面との間隔を一定に保つ請求項24記載の光システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、物質間に働く原子間力を利用して、計測物質の表面形状を観察するとともに、光伝搬体からなるプローブによって、同時に計測物質の微細領域での光学特性を観察する走査型近視野原子間力顕微鏡ならびに光記録媒体に対して、近視野において、光書き込みや読み出しを行う光システムに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、走査型近視野顕微鏡においては、光ファイバーを加工することによって、先端を尖鋭化させ、光導波路プローブとして利用している。この近視野光学効果は、走査型近視野顕微鏡の他、高密度の記録装置への利用も可能であるが、光ファイバーを加工する方法では、量産性に問題がある。

【0003】このため、薄膜プロセスを用いた原子間力制御型の導波路プローブに関する発明が、藤平(特開平05-099641)等、J.P.Fillard(WO 95/03561)等、C.F.Quate(US 5,354,985)等によって開示されている。これらの発明は、いづれも試料に対して水平となる基板上に形成した導波路から、基板上に突起として形成したプローブの先端にかけて導波路を形成させるものである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】この種の構造の導波路プローブで問題となるのは、導波路が、立体的に屈曲した構造をとるために、導波路の導波特性を高効率に維持することが難しいという点である。また、光導波路プローブの位置制御のために、光学的な検出方法を利用する場合、近視野光で使用する光に対して、外乱光とともに、位置制御のための光軸合わせが必要となるという問題もある。

【0005】

【課題を解決するための手段】基板部、および、装置側光導波路端面および試料側光導波路端面を有する光導波部から構成され、試料あるいは媒体に対して、近接した距離で、光の照射あるいは検出を行うための光導波路ブ

ロープにして、(1)光導波部が基板部上に実質的に平面的に形成され、(2)基板を試料あるいは媒体に対して垂直方向に配置されるよう、試料側光導波路端面が基板端面に一致するか、あるいは、基板端面から突出するようにし、(3)前記試料側光導波路端面部の光導波路が端面部を先端として尖鋭な形に形成した光導波路プローブとした。さらに、基板部が弾性的機能を有する構造にし、この弾性的機能によって、試料側光導波路端面が、試料面に対して、水平方向あるいは垂直方向に振動可能にし、基板部の弾性的部分におけるひずみを電気的に検出可能な圧電体を設置した。

【0006】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施例について図面を参照し説明する。図1は、本発明による光導波路プローブの一例を示したものである。図1において、試料あるいは媒体に対して、近接した距離で、光の照射あるいは検出を行うための光導波路プローブ1は、基板部2、および、装置側光導波路端面5および試料側光導波路端面6を有するコア部3とクラッド部4からなる光導波部から構成されており、光導波部は、基板部2上に実質的に平面的に形成されており、基板2を試料あるいは媒体に対して垂直方向に配置されるように、試料側光導波路端面6が基板端面7から突出しているとともに、試料側光導波路端面部6の光導波路が端面部を先端として尖鋭な形に形成されている。

【0007】この基板部2は、光導波路プローブの一部を固定することで、一種のカンチレバーとして機能し、弾性的機能によって、振動させることができある。図2において、いくつかの振動形態について説明する。まず、図2(a)では、基板2は、圧電体であるZ板水晶基板をエッチングして形成したもので、このレバー部70には、電極が形成されており、電極に交流電圧を印加することで、レバー部70を振動させたり、レバー部70で振動時に生じたひずみを電気的に検出することが可能になっている。このレバー部70においては、光導波部8は、水晶基板のZ面上に形成されている。このレバー部70は、水晶の結晶軸のX軸方向、すなわち、試料面に対して、水平方向に振動可能である。

【0008】図2(b)では、基板2は、圧電体であるX板水晶基板をエッチングして形成したもので、このレバー部70には、電極が形成されており、電極に交流電圧を印加することで、レバー部70を振動させたり、レバー部70で振動時に生じたひずみを電気的に検出することが可能になっている。このレバー部70においては、光導波部8は、水晶基板のX面上に形成されている。このレバー部70は、水晶の結晶軸のX軸方向、すなわち、試料面に対して、水平方向に振動可能である。

【0009】図2(c)では、基板2は、シリコン基板であり、シリコン基板上には、圧電体9である酸化亜鉛薄膜が形成されており、電極に交流電圧を印加すること

で、レバー部70を振動させたり、レバー部70で振動時に生じたひずみを電気的に検出することが可能になっている。このレバー部70は、基板の厚み方向、すなわち、試料面に対して、水平方向に振動可能である。ここで、圧電体9としては、酸化亜鉛の他にPZT（ジルコンチタン酸鉛）など、各種圧電体を利用可能である。また、シリコン基板以外のガリウムヒ素等の半導体基板を基板として用いることもできる。

【0010】図2(d)では、基板2は、誘電体結晶であるニオブ酸リチウムであり、基板のレバー部70上には、圧電体9である酸化亜鉛薄膜が形成されており、電極に交流電圧を印加することで、レバー部70を振動させたり、レバー部70で振動時に生じたひずみを電気的に検出することが可能になっている。このレバー部70は、基板の厚み方向、すなわち、試料面に対して、水平方向に振動可能である。誘電体結晶としては、タンタル酸リチウムなど他の結晶材料も使用できる。また、この構造では、ガラス基板を用いることもできる。ガラス基板材料としては、石英系ガラス、多成分系ガラス、重金属酸化物ガラス、カルコゲナイトガラスなどが利用できる。

【0011】図2(e)では、基板2は、圧電体であるZ板水晶基板をエッチングして形成したもので、このレバー部70には、電極が形成されており、電極に交流電圧を印加することで、レバー部70を振動させたり、レバー部70で振動時に生じたひずみを電気的に検出することが可能になっている。このレバー部70においては、光導波部8は、水晶基板のZ面上に形成されている。このレバー部70は、水晶の結晶軸のX軸方向、すなわち、試料面に対して、垂直方向に振動可能である。この基板上において、導波路8は、装置側光導波路端面5から試料側光導波路端面6に向かって、90度向きを変えるが、導波路を十分にゆるやかな屈曲形状にすることができる。

【0012】また、この光導波路部分については、図2(f)のように光導波路上にグレーティング30を形成し、ミラーとして機能させることで方向を変えることもできる。さらに、同様のプローブ形状において、導波路部分は、図2(g)に示すように、試料面に対して垂直に直線的に配置することも可能である。

【0013】図2(h)では、基板2は、圧電体であるY板水晶基板をエッチングして形成したもので、この基板部には、電極が形成されており、電極に交流電圧を印加することで、基板2を振動させたり、基板の振動の変化を電気的に検出することが可能になっている。この基板2においては、光導波部8は、水晶基板のY面上に形成されている。このレバー部70は、水晶の結晶軸のX軸方向、すなわち、試料面に対して、垂直方向に振動可能である。これまでの実施例において、X, Y, Z板については、必ずしも厳密なX, Y, Z板である必要は

なく、結晶軸に対して、若干の傾きを持っていても実用上問題はない。

【0014】次に、本発明の光導波路プローブにおける光導波路部分について詳しく説明する。図3(a)は、本発明の光導波路プローブの側面図を示したものであり、図中のA-A'断面を図3(b)に示す。図3(b)は、本発明に於ける光導波路プローブにおける光導波路が、コア3、クラッド4、光反射層10から構成されていることを示している。

10 【0015】図3(c)は、図3(a)におけるB-B'の断面を示したもので、光導波路プローブの試料側光導波路端面部が、実質的にコア部からなり、端面部周囲が光反射層によって、覆われていることを示している。図3(d)は、図3(a)におけるC-C'の断面を示したもので、光導波路プローブの試料側光導波路端面に近い突起部が、コア部を中心にして、クラッド層と光反射層が同心状に覆われていることを示している。【0016】図3(e)は、図3(a)におけるD-D'の断面を示したものである。ここで、光反射膜としては、アルミニウムや金などの金属を用いる。エッティング保護膜と共に用いる場合などは、金を主に用いる。次に、光導波路の構成例について述べる。

【0017】図4(a)は、薄膜堆積法によって、導波路を形成したものであり、下部クラッド層11を形成した後、コア層12を堆積し、エッティングによってパターンを形成し、この上に、上部クラッド層13を形成する。この場合、コア層およびクラッド層としては、ドーピングによって、屈折率の異なるガラスや酸化シリコンなどの材料をスッパタリングやCVD法によって形成する。例えば、テトラエトキシシランを原料とするプラズマCVDによって、良質の酸化シリコン膜を形成できる。フッ化炭素ガスなどフッ素系ガスを導入して、膜形成することで、クラッド層用の低い屈折率の層を作ることができる。

【0018】なお、この構造は、窒化シリコン、PMM A(ポリメタクリル酸メチル)などの高分子材料や有機薄膜層で構成することも可能である。図4(b)は、下部クラッド層14に対して、イオンドーピングを行いコア層15を形成し、その上に、上部クラッド層16を形成したものである。この構成は、ガラス層や誘電体結晶、ガリウムヒ素等の半導体結晶などで可能である。

【0019】図4(c)は、下部クラッド層17にエッティングによって、溝を形成し、この溝の中にコア層18および上部クラッド層19を形成したものである。この構造は、特に水晶を用いる場合には、水晶の圧電用の電極と反射膜を共用することができる。

【0020】次に、本発明の光導波路プローブのいくつかのバリエーションについて説明する。図5は、装置側光導波路端面部5を2つ有する光導波路プローブであり、2つの導波路は、どちらも試料側光導波路端面6に

つながっている。この光導波路プローブでは、片側の装置側光導波路端面部5から光を入射し、試料側光導波路端面6から試料表面で散乱して再入射した光をもう一方の装置側光導波路端面部5から検出できるようになっており、試料表面の散乱特性の検出に利用できる。

【0021】図6は、試料側光導波路端面6を複数有する光導波路プローブを示したものであり、基板は、ニオブ酸リチウムで形成されている。導波路のパターンには、光変調素子が構成されており、光のスイッチングを行うことができる。図6(a)は、図6(b)のE-E'断面の模式図を示したもので、導波路3上の電極18に電圧を加えることによって、光を一方の導波路からもう一方の導波路に移行させることができる。図中の矢印は、結晶面方位を示している。

【0022】光変調素子としては、誘電体結晶や水晶などにおける音響光学効果による回折角の変化を利用することも可能である。図7(a)は、半導体発光素子19と半導体光検出素子20, 21を基板上に構成した光導波路プローブの構成例を示したものである。半導体光検出素子20は、半導体発光素子19の発光出力をモニタするもので、半導体光検出素子21は、試料表面の散乱特性をモニタするためのものである。ここで基板は、ガリウムヒ素結晶基板を用い、発光素子として、発光ダイオードを形成している。光検出素子は、基板上に形成したアモルファスシリコン層にフォトダイオードを形成したものである。発光素子としては、発光ダイオードの他、半導体レーザー素子を利用することもできる。この構造の光プローブにおいては、装置側光導波路端面は、発光素子上に位置することになる。

【0023】図7(b)は、複数の試料側導波路端面を有する構成の光導波路プローブの例を示したものであり、半導体発光素子19上に形成した導波路は、各試料側導波路端面に分岐する形で形成されており、試料側導波路端面からそれぞれの端面に対応した半導体光検出素子21まで、それぞれ光導波路が形成されている。

【0024】なお、図7に示すような半導体発光素子と半導体光検出素子を含む構造は、図2(e, f, g)で示したような試料表面に対して垂直方向に弾性的機能を有するような光導波路プローブにおいても形成可能である。統いて、本発明の光導波路プローブの先端の尖鋭化の方法について、説明する。

【0025】図8(a)は、図8(b)におけるF-F'断面を示したもので、コア3、クラッド4、光反射層10、絶縁層72、圧電素子用電極71、基板2からなる。図8に示す尖鋭化の方法は、図8(b)から図8(c)のプロセスで示される。(1)基板2の端の部分をエッティングによって除去して、導波路部分だけを残し、(2)残った導波路部分の金属の反射膜部分をバンド状22に除去する。この部分の導波路を図8(c)に波線で示すようにエッティングすることで、先端を尖鋭化

させる。さらに、図8(d)に示すように、(3)試料側導波路端面6が形成されるように、斜め蒸着法によつて、反射膜部分23を再度形成する。なお、圧電素子用電極71に対向する電極は図中では省略されている。

【0026】図9に示す尖鋭化の方法は、図9(a)に示す反射層24上に先端を平面的に尖鋭化した形状に形成したコア層25について、図9(b)に示すように先端部と上面部を保護膜26で覆い、尖鋭化形状に形成してある側面部についてエッティングを行うことによって、
10 図9(c)立体的に尖鋭なコア層27を形成するものである。この場合も、金属反射膜を斜め蒸着法によって形成させることで、試料側導波路端面を形成する。

【0027】次に、以上で述べた本発明の光導波路プローブを用いる光システムについて説明する。図10では、本発明の光導波路プローブ1を共振周波数で振動させる励振手段を52と、プローブの先端と試料表面50との間に原子間力が作用した結果生じるプローブの共振特性の変化を電気的特性変化として検出するための手段52と、前記検出手段が outputする検出信号に基づいて、
20 前記プローブの先端と試料表面の間隔を一定に保つための制御手段53とを有し、XYZ走査手段54によって、試料表面の形状を観察することができる。

【0028】この場合、励振手段は、カンチレバー部を電気的に駆動する交流駆動信号を発生するための駆動回路52であり、前記検出手段は、原子間力が作用した結果生じる前記交流駆動信号の電流変化を光導波路プローブに設けられた電極から検出し、前記プローブの先端部と試料表面との間隔を一定に保つための検出信号を出力する機能を有する。

30 【0029】また、プローブの振動方向は、図2で示したように、試料面に対して、水平、あるいは、垂直となる。ここで、本発明の光システムでは、光源61から光ファイバー62を介して、光導波路プローブ1の装置側光導波路端面5に光が導入され、試料側光導波路端面6から試料50に光が照射され、レンズ63を介して、光検出器64によって、XYZ走査に伴う近視野光学特性の変化を検出することができる。なお、図7で示すような光源や光検出器を含む光導波路プローブでは、外部の光源や検出器を必要としない。

40 【0030】また、この他、図11に示すように、励振手段をカンチレバー部を外部から振動するバイモルフ56として、検出手段57は、バイモルフによって、振動された結果としてプローブに生じる電荷が、原子間力の作用によって、変化するのを光導波路プローブの圧電体の電極から検出し、前記プローブの先端部と試料表面との間隔を一定に保つための検出信号を出力する構成も可能である。

【0031】さらに、励振手段の励振信号とプローブの電極から検出される電気信号との位相を比較することで、励振信号の周波数をカンチレバー部の共振周波数に

追従させ、原子間力が発生した結果生じる共振周波数変化を検出して、この検出信号をもとに共振周波数を一定に保つよう制御することで、プローブの先端と試料表面の間隔を一定に保つこともできる。

【0032】上記の光システムの例では、試料をXYZ移動機構によって走査する例を示したが、光導波路プローブ側に移動機構を設けたり、試料を記録媒体にして、回転させるという構成も可能である。この場合は、特に図7で示したような、光源と検出器を一体化した光導波路プローブでは、フライングヘッド構造にして、使用することもできる。

【0033】

【発明の効果】本発明は、以上説明したような形態で実施され、以下に記載されるような効果を奏する。平面的に光導波路を形成した光導波路プローブを形成することによって、光の損失や乱れの少ない光導波路プローブを実現することができた。

【0034】さらに、圧電的な検出機構を設けることで、位置検出のために検出光を用いる必要がなく、光軸合わせの問題や、ノイズ光の問題がなくなった。

【図面の簡単な説明】

- 【図1】本発明の光導波路プローブの模式図
- 【図2】本発明の光導波路プローブの振動モードの説明図
- 【図3】本発明の光導波路プローブの光導波路部の説明図
- 【図4】本発明の光導波路プローブの光導波路部の説明図
- 【図5】本発明の光導波路プローブの他の実施例を示す図
- 【図6】本発明の光導波路プローブの他の実施例を示す図

*

* 【図7】本発明の光導波路プローブの他の実施例を示す図

【図8】本発明の光導波路プローブの先端形成方法を示す図

【図9】本発明の光導波路プローブの先端形成方法を示す図

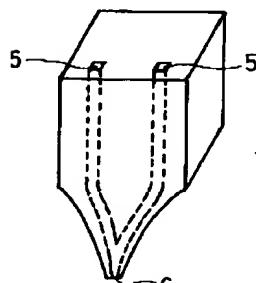
【図10】本発明の光システムの構成を示す図

【図11】本発明の光システムの他の構成を示す図

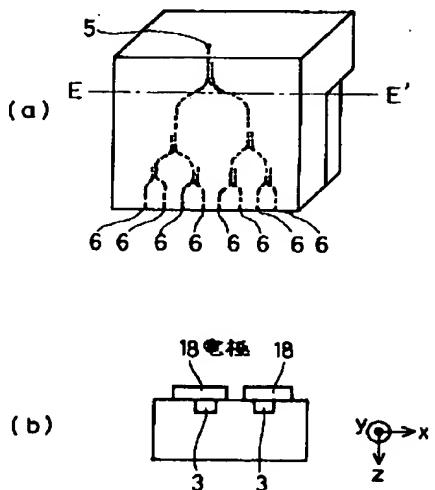
【符号の説明】

- | | |
|----|--------------|
| 10 | 1 光導波路プローブ |
| | 2 基板部 |
| | 3 コア部 |
| | 4 クラッド部 |
| | 5 装置側光導波路端面 |
| | 6 試料側光導波路端面 |
| | 7 基板端面 |
| | 8 光導波部 |
| | 9 圧電体 |
| | 10 光反射膜 |
| 20 | 18 電極 |
| | 19 発光素子 |
| | 20, 21 光検出素子 |
| | 30 グレーティング |
| | 50 試料 |
| | 52 励振手段 |
| | 53 制御手段 |
| | 54 走査手段 |
| | 61 光源 |
| | 62 光ファイバー |
| 30 | 63 レンズ |
| | 64 光検出器 |

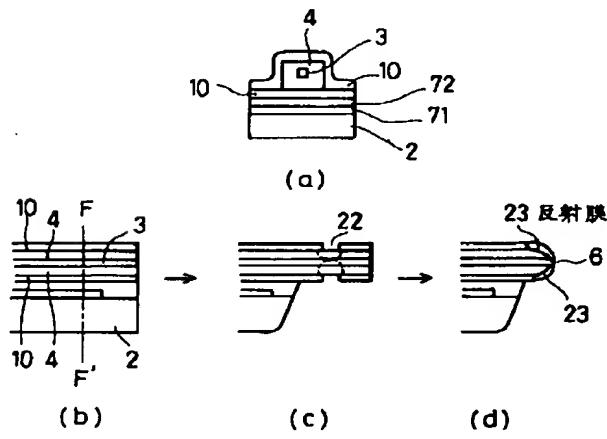
【図5】



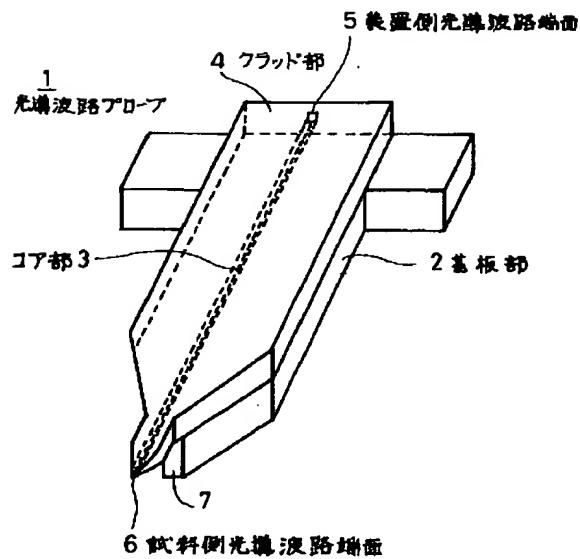
【図6】



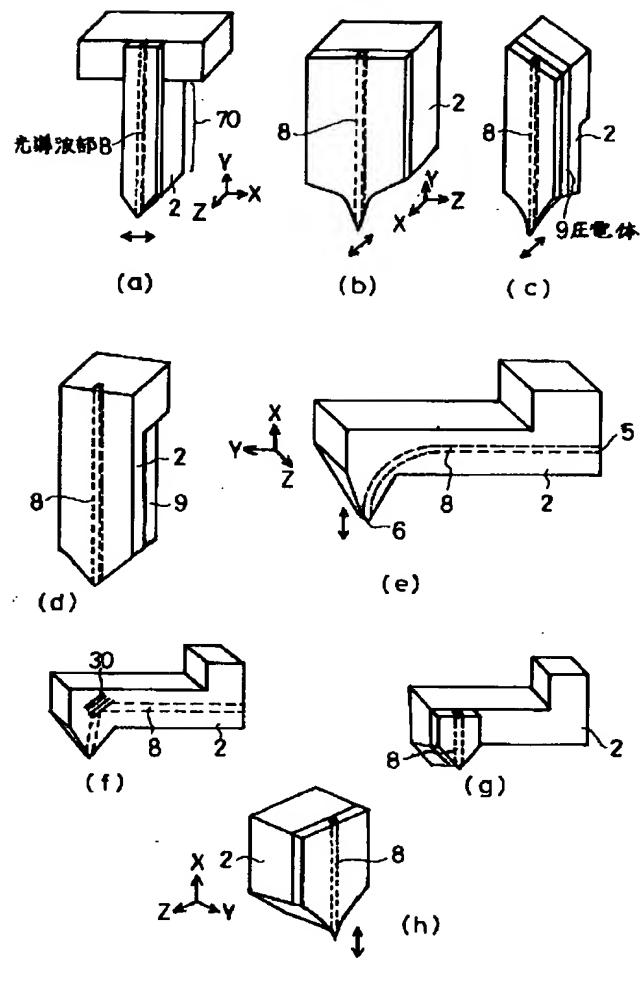
【図8】



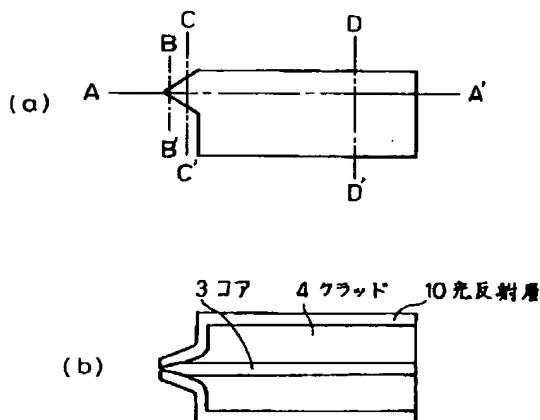
【図1】



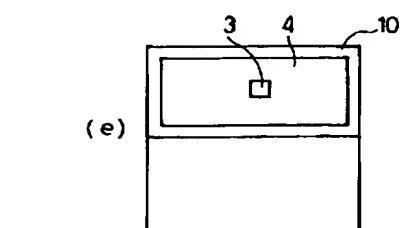
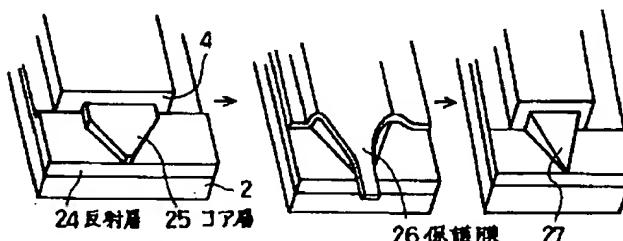
【図2】



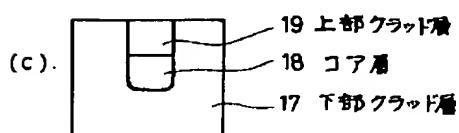
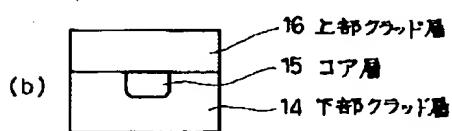
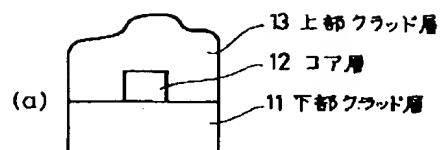
【図3】



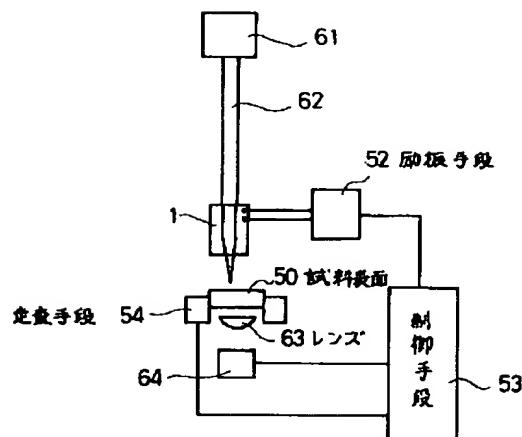
【図9】



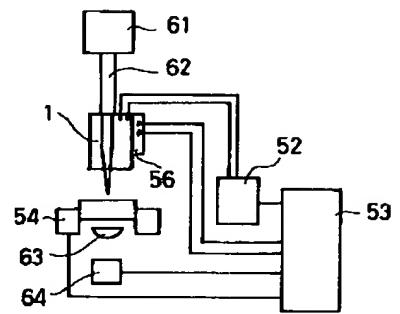
【図4】



【図10】



【図11】



【図7】

